Теория любит СГС, поэтому почти везде используется СГС.

1 Электростатика

1. Закон Кулона: $F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$. В СГС $k = 1$, в СИ $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$.
2. ϵ_0 — электромагнитная постоянная, $\epsilon_0 \approx 8.8541 \cdot 10^{-12}$ (Фарады на метр).
3. Поле от заряда: $|E| = \frac{q}{r^2}$.
4. Поток поля Φ: интеграл по площади скалярного произведения поля на нормаль к поверхности.
5. Теорема Гаусса: если поверхность ограничивает суммарный заряд q, то поток через поверхность равен $4\pi q$ (СГС) или $\frac{q}{\epsilon_0}$ (СИ).
6. Для тонкой нитки электрическое поле на расстоянии R равно $E = \frac{2\lambda}{r}$ (СГС)
7. Для плоскости: $E = 2\pi\sigma$ (σ — поверхностная плотность заряда) в СГС.
8. Внутри проводника зарядов нет, они на поверхности.
9. Потенциалы: $\phi_B - \phi_A \int_A^B \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{l}$.
10. $\vec{E} = -\operatorname{grad}\phi$ (потенциал уменьшается в сторону силовых линий).
11. Потенциальная энергия системы двух зарядов: сколько надо, чтобы притащить их с бесконечности друг к другу, равна $\frac{q_1 q_2}{r}$.
12. Потенциал проводника: $\phi = \phi_\infty - \phi_X = -\phi_X$, где X — точка на поверхности
13. Ёмкость проводника: $C = \frac{Q}{\phi}$, Q — заряд, ϕ — потенциал, меряется в Фарадах.
14. Ёмкость сферы: R
15. Ёмкость системы двух проводников по определению (заряды на них $\pm Q$, разность потенциалов U): $C = \frac{Q}{C}$.
16. Поле внутри плоского конденсатора: $4\pi\sigma$
17. Ёмкость плоского конденсатора: $C = \frac{S}{4\pi d}$, где d — расстояние, сильно меньше площади
18. Параллельно подключили конденсаторы — ёмкость сложилась
19. Потенциальная энергия конденсатора: изначально не заряжен, по одному перетаскиваем заряды с одной обкладки на другую, сопротивляемся возрастающему полю. Получаем $W = \frac{Q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$.
20. Если замкнуть два конденсатора «плюс с минусом», то заряд перераспределиться, потенциальная энергия упадёт (уйдёт на нагрев провода)
21. Энергию конденсатор хранит в поле, говорим, что по определению плотность энергии поля есть $\mathcal{W} = \frac{E^2}{8\pi}$ (на единицу объёма).
22. Диэлектрик поляризуется в поле (заряды внутри распихиваются по его сторонам), внутри возникает электрическое поле, которое немного компенсирует внешнее.
23. ϵ — диэлектрическая проницаемость, безразмерная.
$$E = \frac{E}{\epsilon}$$
Для фарфора — 6, для стекла — 10, для дерева — 4, для керосина — 2.
24. Добавили диэлектрик в плоский конденсатор, ёмкость увеличилась в ϵ раз.

2 Электродинамика и магнетизм

1. Ток I — это поток $\vec{j}$ через поверхность, где $\vec{j}$ — это, условно, скорость и направление движения тока
2. Сколько тока I через поверхность утекло, на столько заряд внутри и уменьшился. Например, если течёт вдоль поверхности, то никуда ничего не исчезает.
3. Теорема Стокса (штука под вторым интегралом называется дивергенция):
$$\oint_S \vec{j} \cdot \vec{n} \cdot \mathrm{d}S = \int_V \vec{\nabla} \cdot \vec{j} \cdot \mathrm{d}V$$
Поток через поверхность равен дивергенции по ограниченном поверхностью объёму.
4. Сила Лоренца от магнитного поля: $F = q(\vec{v} \times \vec{B})$ (и в СИ, и в СГС).
5. Заряд q, движущийся со скорость $\vec{v}$ создаёт вокруг себя магнитное поле (считаем, что заряд в центре координат):
$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{1}{c} \cdot q \cdot \frac{\vec{v} \times \vec{r}}{|r|^3}$$
Это в СГС, в СИ надо заменить коэффициент на $\frac{\mu_0}{4\pi}$.
6. Закон Ампера: взяли контур, циркуляция по нему пропорциональна потоку тока через поверхность (СГС):
$$\oint_C \vec{B} \cdot \mathrm{d}l = \frac{4\pi}{c} I$$
7. Выводить так: посчитали магнитное поле для точки, лежащей на серединном перпендикуляре провода, сделали провод бесконечно длинный, взяли окружность вокруг провода
8. В центре бесконечного соленоида (цилиндр такой с намотанным проводом): $B = \frac{4\pi}{c} nI$, где n — плотность витков на длину
9. Векторный потенциал: $\vec{A}(\vec{r}) = \frac{1}{c} \int \frac{\vec{j}(\vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|} \mathrm{d}V$, причём $\vec{B}(\vec{r}) = \vec{\nabla} \times \vec{A}(\vec{r}) = \operatorname{rot} \vec{A}(\vec{r})$. Не пользовались.

3 Максвелл

1. Теорема Стокса, если есть поле $\vec{\Omega}$:
$$\int \vec{\Omega} \cdot \mathrm{d}\vec{S} = \int \vec{\nabla} \cdot \vec{\Omega} \mathrm{d}V$$
Поток через поверхность равен дивергенции по объёму
2. Тогда можно перевести Гаусса по этой теореме (не забыть заменить заряд на интеграл по плотности): $4\pi\rho = \vec{\nabla} \cdot \vec{\Omega}$, тут Ω — какое-то поле, которое вылезло из плотности, кажется.
3. Другая Стокса: циркуляция поля равна потоку ротора через поверхность
4. Отсюда выводится, что $\vec{\nabla} \times \vec{E} = \operatorname{rot} \vec{E} = 0$
5. Магнитное поле зависит от системы отсчёта, увы.
6. Взяли заряд с постоянной скоростью, поместили в центр системы отсчёта, взяли пробный заряд, приравняли действующие в двух системах отсчёта силы. Потом еще применили $a \times (b \times c) = b(ac) - c(ab)$. Получили
$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$
Это еще одно уравнение, закон Фарадея.
7. Ток смещения: умножили наблу на простой закон Ампера (набла слева), получили, что плотность тока не меняется, неудобно. Поправили:
$$\operatorname{rot} \vec{B} = \frac{4\pi}{c} \vec{j} + \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$
Второе слагаемое — и есть ток смещения.
8. Магнитное поле внутри конденсатора с изменяющимся зарядом есть, так как электрическое поле меняется, оно закручивается вокруг «точки втыкания» проводов в пластины.

4 Катушки

1. Взяли две катушки, в одной пустили ток, возникло магнитное поле, во второй возникла ЭДС:

$$\mathcal{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial \Phi_2(t)}{\partial t}$$

   Переписали, заменили производную на производную тока в первой по времени, оставшийся коэффициент — коэффициент взаимной индукции.

2. Самоиндукция: сама на себя подействовала, L — коэффициент (измеряется в Генри, Гн)

$$\mathcal{E} = -L\frac{\partial I(t)}{\partial t}$$

3. Можно провести аналогию с механикой: сила — ЭДС, скорость — ток, энергия катушки — $\frac{LI^2}{2}$, энергия кинетическая — $\frac{mv^2}{2}$.

4. Конденсатор с катушкой будут колебаться:

$$\omega^2 = \frac{1}{LC}$$
$$I(t) = -CU_0\omega\sin(\omega t)$$

5. Если заряжать конденсатор переменным током, то внутри у поля будет какое-то безумие с функцией Бесселя, в зависимости от расстояния до центра конденсатора:

$$E(r) = E_0\sin(\omega t)J_0(\omega r)$$

$$J_0(x) = 1 - \frac{1}{(1!)^2}\left(\frac{x}{2}\right)^2 + \frac{1}{(2!)^2}\left(\frac{x}{2}\right)^4 - \dots$$